





**Bus system for a local area network.**

**Patent number:** DE4224339  
**Publication date:** 1994-01-27  
**Inventor:** SCHMIETAINSKI ANKE DR ING (DE); WEIS BERND X  
DR ING (DE); SCHLESINGER HEINZ DIPL ING (DE)  
**Applicant:** SEL ALCATEL AG (DE)  
**Classification:**  
- international: H04L12/44; H04L29/02; H04L29/14; G06F13/378  
- european: H04J3/06C1, H04J3/06C4, H04L12/44  
**Application number:** DE19924224339 19920723  
**Priority number(s):** DE19924224339 19920723

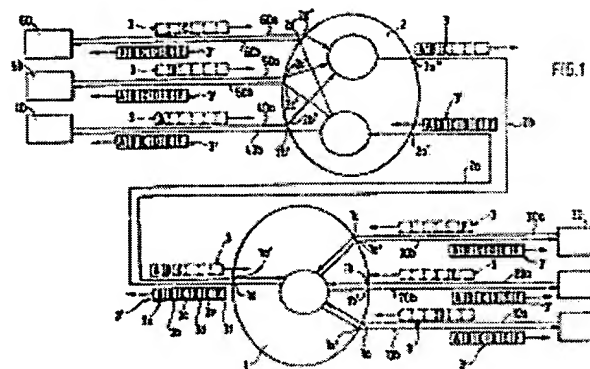
**Also published as:**

 EP0580016 (A)  
 JP6169314 (A)  
 EP0580016 (A)  
 EP0580016 (B)

Abstract not available for DE4224339

Abstract of correspondent: **EP0580016**

In this bus system, the message transmitted by a subscriber is conducted to all subscribers via a central star coupler. According to the invention, it is provided that a frame clock (RT) is generated by a frame clock generator and is transmitted to the central star coupler (1), the time sequence of the data frames (3) of the frame clock defining a reference frame clock in the central star coupler (1), and that the other subscribers (20-60) to the local operational network determine an individual frame transmit clock, in such a manner that the message (B-F) in each case transmitted by a particular subscriber (20-60), arrives, taking into consideration the signal transit time to the central star coupler (1) and at the time relative to the reference frame clock at which this message is to be received in the data frame (3) present in the central star coupler (1).



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 24 339 A 1**

⑤1 Int. Cl. 5:  
**H 04 L 12/44**  
H 04 L 29/02  
H 04 L 29/14  
G 06 F 13/378

②1 Aktenzeichen: P 42 24 339.4  
②2 Anmeldetag: 23. 7. 92  
②3 Offenlegungstag: 27. 1. 94

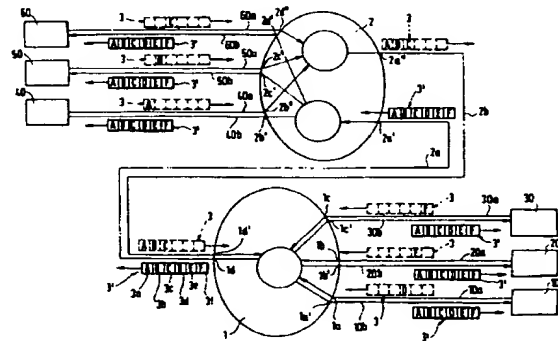
DE 42 24 339 A 1

⑦1 Anmelder:  
Alcatel SEL Aktiengesellschaft, 70435 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Weis, Bernd X., Dr.-Ing., 7015 Korntal, DE;  
Schlesinger, Heinz, Dipl.-Ing., 7121 Mundelsheim,  
DE; Schmietanski, Anke, Dr.-Ing., 7254 Hemmingen,  
DE

⑤4 Bussystem für ein lokales Operationsnetzwerk

⑤7 Beschrieben wird ein Bussystem für ein lokales Operationsnetzwerk, bei dem die von einem Teilnehmer ausgesendete Nachricht über einen zentralen Sternkoppler zu allen Teilnehmern geleitet wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß durch einen Rahmentaktgenerator ein Rahmentakt (RT) erzeugt und zum zentralen Sternkoppler (1) gesendet wird, wobei die zeitliche Abfolge der Datenrahmen (3) des Rahmentaktes im zentralen Sternkoppler (1) einen Referenzrahmentakt definiert, und daß die weiteren Teilnehmer (20-60) des lokalen Operationsnetzwerks einen individuellen Rahmensendetakt bestimmen, derart, daß die jeweils von einem bestimmten Teilnehmer (20-60) gesendete Nachricht (B-F) unter Berücksichtigung der Signallaufzeit zum zentralen Sternkoppler (1) und zu dem Zeitpunkt relativ zum Referenzrahmentakt eintrifft, zu dem diese Nachricht in den im zentralen Sternkoppler (1) vorliegenden Datenrahmen (3) aufzunehmen ist.



DE 42 24 339 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 93 308 064/227

22/51

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Bussystem für ein lokales Operationsnetzwerk, welches eine Anzahl von Teilnehmern aufweist, die jeweils über eine Busleitung mit einem zentralen Sternkoppler verbunden sind, wobei die von einem Teilnehmer ausgesendete Nachricht über den zentralen Sternkoppler zu allen Teilnehmern des lokalen Operationsnetzwerkes geleitet wird.

Ein derartiges Bussystem für ein lokales Operationsnetzwerk für den automotiven Bereich ist aus der DE-OS 35 06 118 bekannt. Das hierbei verwendete asynchrone Buszugriffsverfahren ist ein Carrier-Sensing-Multiple-Access-Verfahren mit Collision-Detection (CSMA/CD), bei dem ein Zugriffskonflikt zweier oder mehrerer Teilnehmer durch einen Arbitrierungsmechanismus auf Bitebene gelöst wird.

Nachteilig an dem bekannten Bussystem ist, daß es nicht flexibel genug ist, um den gestiegenen Anforderungen im automotiven Bereich zu genügen. In einem modernen lokalen Operationsnetzwerk sollen im automotiven Bereich nicht nur die standardmäßig in einem jedem Automobil anfallenden Daten zur Gewährleistung der Funktionalität des Autos und zur Funktionsgruppenüberwachung und -steuerung übertragen werden. Vielmehr bietet jeder namhafte Automobilhersteller — um den Wünschen der Kunden Rechnung zu tragen — eine Reihe von Sonderausstattungen an. Es sind daher neben den Standarddaten noch eine Reihe weiterer Daten über das lokale Operationsnetzwerk zu übertragen, welche zur Steuerung der Sonderausrüstungen erforderlich sind oder beim Betrieb dieser Zusatzeinrichtungen anfallen. Bei der Ausrüstung eines Automobils mit derartigen Sonderausstattungen tritt dann das Problem auf, daß diese bei unterschiedlichen Modellen an unterschiedlichen Stellen angebracht werden müssen. Dadurch treten von Modell zu Modell unterschiedliche Signallaufzeiten zwischen diesen Teilnehmern und dem zentralen Sternkoppler auf. Das bekannte Bussystem für ein automotives lokales Operationsnetzwerk erlaubt es nicht, diesen unterschiedlichen und modellabhängig variierenden Signallaufzeiten Rechnung zu tragen. Es ist daher in seinem Anwendungsbereich stark eingeschränkt und daher nicht universell einsetzbar.

Außerdem tritt bei der Integration der unterschiedlichen Sonderausstattungen in dem einzigen Operationsnetzwerk das Problem auf, daß bei der gemeinsamen Übertragung von autotypischen und Signalen der Sonderausrüstungen (z. B. elektronisches Bordbüro) synchrone und asynchrone Daten gemeinsam vermittelt werden müssen, wobei die Datenraten von wenigen Baud bis zu mehreren MBaud variieren. Um die Synchronität im Netz herzustellen, ist es dann ebenfalls erforderlich, Laufzeitunterschiede auszugleichen.

Außerdem tritt bei einem auf einer optischen Übertragungstechnik basierenden lokalen Operationsnetzwerk das Problem auf, daß sich die Übertragungszeiten infolge der natürlichen Alterung der hierzu eingesetzten Glasfasern ändern. Das bekannte Bussystem für das bekannte lokale Operationsnetzwerk kann auch diesem Umstand nicht Rechnung tragen.

Zur Vermeidung dieser Nachteile stellt sich die Erfindung die Aufgabe, ein Bussystem für ein lokales Operationsnetzwerk der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß es universeller einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Rahmentaktgenerator einen durch eine Folge von Datenrahmen definierter Bit-Länge festgelegten

Rahmentakt sendet, daß dieser Rahmentakt zum zentralen Sternkoppler geleitet wird, daß die zeitliche Abfolge der Datenrahmen des Rahmentaktes im zentralen Sternkoppler einen die Signalverarbeitung der weiteren Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes festlegenden Referenzrahmentakt definiert, daß die weiteren Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes jeweils einen individuellen Rahmensendetak bestimmen, derart, daß die jeweils von einem bestimmten Teilnehmer gesendete Nachricht unter Berücksichtigung der Signallaufzeit vom sendenden Teilnehmer zum zentralen Sternkoppler in letztgenanntem zu dem Zeitpunkt relativ zum Referenzrahmentakt eintrifft, zu dem diese Nachricht in den im zentralen Sternkoppler vorliegenden Datenrahmen aufzunehmen ist, und daß der die Nachrichten der Teilnehmer enthaltende Datenrahmen zu allen Teilnehmern geleitet wird.

Erfindungsgemäß ist also vorgesehen, daß die einzelnen Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes den Zeitpunkt, zu dem sie ihre Nachrichten an den zentralen Sternkoppler absenden, unter Berücksichtigung der Signallaufzeit vom sendenden Teilnehmer zum zentralen Sternkoppler bestimmen. Durch diese Maßnahme ist in besonders vorteilhafter Art und Weise garantiert, daß die Nachrichten der sendenden Teilnehmer genau zu dem Zeitpunkt im zentralen Sternkoppler eintreffen, zu dem sie komplikationslos in den Datenrahmen eingefügt werden können. Von besonderem Vorteil ist hier außerdem, daß die Bestimmung der Signallaufzeit zwischen sendendem Teilnehmer und zentralem Sternkoppler für jeden Teilnehmer individuell erfolgt, so daß eine Veränderung der Übertragungsstrecke dynamisch erfaßbar ist. Diese individuelle, dynamische Signallaufzeitkompensation hat den Vorteil, daß das erfindungsgemäße Bussystem flexibel im Hinblick auf die Anordnung der Teilnehmer im lokalen Operationsnetzwerk ist, woraus eine universelle Einsetzbarkeit resultiert. Die individuelle und dynamische Signallaufzeitkompensation besitzt außerdem den Vorteil, daß Alterungerscheinungen der Übertragungsstrecken leicht kompensiert werden können.

Von besonderem Vorteil ist auch, daß der Rahmensendetak der einzelnen Teilnehmer auf einen zentralen Referenzrahmentakt bezogen ist, welcher vorzugsweise von einem als "Master-Teilnehmer" fungierenden Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes implizit erzeugt wird. Durch diese erfindungsgemäße Maßnahme ist es besonders einfach möglich, einen Referenztakt für das gesamte lokale Operationsnetzwerk zu definieren.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß als Rahmentaktgenerator ein Teilnehmer des Bussystems fungiert. Außerdem ist von Vorteil, daß außer diesem "Master-Teilnehmer" noch mindestens ein weiterer Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes hardwaremäßig derart ausgestattet ist, daß er subsidiär die Rolle des Rahmentaktgenerators übernehmen kann. Hierzu ist beim erfindungsgemäßen Bussystem vorgesehen, daß dieser subsidiäre "Master-Teilnehmer" seinerseits eine Rahmentaktkennung sendet, wenn er nicht innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls ab Aktivierung des Bussystems einen Rahmentakt des primären "Master-Teilnehmers" empfängt. Vorzugsweise sind aber alle Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes in der Lage, die Rolle des primären "Master-Teilnehmers" übernehmen zu können. Durch diese erfindungsgemäße Maßnahme wird in besonders vorteilhafter Art und Weise eine erhöhte Systemsicherheit erreicht.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß jeder Teilnehmer zur Signallaufzeitkompensation und damit zur Bestimmung seines Rahmensendetaktes relativ zu seinem Rahmenempfangstakt eine Testsequenz aussendet und die Zeitdauer bestimmt, welche bis zu ihrem Empfang verstreicht. Auf diese Art und Weise ist eine besonders einfache Ermittlung der Signallaufzeit möglich, aus der sich dann leicht der Rahmensendetakt bestimmen läßt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß jeder Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes nach dem Einschalten der Betriebsspannung einen Selbsttest durchführt, der gewährleistet, daß alle Komponenten einwandfrei funktionieren. Durch diese Maßnahme wird in vorteilhafter Art und Weise gesichert, daß nur voll funktionsfähige Teilnehmer an der Systemkommunikation des Bussystems des lokalen Operationsnetzwerkes teilnehmen.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß die Datenrahmen ein synchrone Dienste vermittelndes synchrones Rahmenmodul und ein asynchrone Dienste übertragendes asynchrones Rahmenmodul aufweisen. Diese hybride Datenrahmenstruktur erlaubt es in besonders vorteilhafter Art und Weise, innerhalb eines einzigen Datenrahmens des erfindungsgemäßen Bussystems sowohl synchrone als auch asynchrone Dienste zu übertragen, wodurch der universelle Einsatzbereich des erfindungsgemäßen Bussystems noch weiter erhöht wird.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes über einen sekundären Sternkoppler an den zentralen Sternkoppler angeschlossen sind. Diese erfindungsgemäße Maßnahme hat den Vorteil, daß die Anzahl der Übertragungsleitungen drastisch reduziert wird.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß mindestens ein Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes als Multiplexer/Demultiplexer ausgeführt ist. Dies erlaubt es in vorteilhafter Art und Weise, daß mehrere an diesem Teilnehmer angeschlossene Informationsquellen und/oder Informations-senken zu einer modularen Einheit zusammenfaßbar sind.

Weitere Einzelheiten der Erfindung sind dem Ausführungsbeispiel zu entnehmen, welches im folgenden anhand der Zeichnungen beschrieben wird. Es zeigt

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines lokalen Operationsnetzwerkes;

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Synchronisationsprozesses eines Teilnehmers des lokalen Operationsnetzwerkes;

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Bestimmung der Signallaufzeiten;

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Synchronisationsprozedur des gesamten lokalen Operationsnetzwerkes;

Fig. 5 ein Blockschaltbild des Sende-/Empfangsteils eines Teilnehmers.

Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel eines lokalen Operationsnetzwerkes weist einen optischen zentralen Sternkoppler 1 auf, an den über als Busleitungen fungierende Glasfasern 10a, 10b, 20a, 20b und 30a, 30b drei Teilnehmer 10, 20 und 30 angeschlossen sind. Des weiteren ist an den optischen zentralen Sternkoppler 1 über weitere Glasfasern 2a, 2b ein optischer sekundärer Sternkoppler 2 angeschlossen, welcher wiederum über optische Glasfasern 40a, 40b, 50a, 50b und 60a, 60b

mit drei Teilnehmern 40, 50 und 60 des lokalen Operationsnetzwerkes verbunden ist.

Der zentrale Sternkoppler 1 ist dabei derart ausgeführt, daß ein an einem seiner Eingänge 1a—1d auftretendes optisches Signal zu allen Ausgängen 1a'—1d' geleitet wird. Bspw. wird das von dem ersten Teilnehmer 10 über die optische Glasfaser 10a zum Eingang 1a geleitete optische Signal sowohl zu dem zum Eingang 1a korrelierten Ausgang 1a' als auch zu den übrigen Ausgängen 1b'—1d' geleitet. Entsprechendes gilt für den zweiten und dritten Teilnehmer 20 und 30 sowie für den sekundären Sternkoppler 2.

Im Unterschied zum zentralen Sternkoppler 1 ist der sekundäre Sternkoppler 2 derart ausgebildet, daß ein an einem beliebigen Eingang 2a'—2d' auftretendes Signal zum Ausgang 2d'', also zu dem Ausgang, der mit dem zentralen Sternkoppler 1 verbunden ist, geleitet wird. In entsprechender Art und Weise wird ein am Ausgang 1d' des zentralen Sternkopplers 1 auftretendes und über die Glasfaser 2a zum Eingang 2a' des sekundären Sternkopplers 2 geleitetes Signal zu den Ausgängen 2b''—2d'', welche mit den Teilnehmern 40—60 des lokalen Operationsnetzwerkes gekoppelt sind, geleitet.

Die konstruktive Ausbildung des als aktiver oder passiver optischer Stern ausgeführten zentralen Sternkopplers 1 und des sekundären Sternkopplers 2 ist dem Fachmann aufgrund der obigen Funktionsbeschreibung ersichtlich, so daß sich weitere Ausführungen hierzu erübrigen.

Die an den zentralen Sternkoppler 1 und den sekundären Sternkoppler 2 angeschlossenen Teilnehmer 10—60 des lokalen Operationsnetzwerkes dienen dazu, beliebige elektrische und/oder logische Verhältnisse der diesen Teilnehmern nachgeschalteten, in Fig. 1 nicht gezeigten Informationsquellen und/oder -senken an das auf optischer Basis arbeitende lokale Operationsnetzwerk anzupassen. Abhängig vom vorgesehenen Einsatzzweck dieser Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes sind verschiedene Ausbildungsformen möglich. Die nachstehend beschriebene Ausführungen der einzelnen Teilnehmer 10—60 besitzt nur beispielhaften Charakter und ist nicht dahingehend zu verstehen, daß die einem bestimmten Teilnehmer zugeordnete Funktion die Allgemeinheit der dieser Auflistung erfolgenden Überlegungen einschränkt.

Der erste Teilnehmer 10 ist als universelle Schnittstelle ausgebildet, die dazu dient, die Verbindung zwischen beliebigen digital oder analog arbeitenden Sensoren/Aktoren (nicht dargestellt) einerseits und beliebigen anderen Informationsquellen oder -senken des lokalen Operationsnetzwerkes herzustellen. Er setzt also die von den Sensoren erzeugten sensorspezifischen Signale in optische Datensignale um, die im lokalen Operationsnetzwerk ausbreitungsfähig sind. Andererseits dient der erste Teilnehmer 10 auch dazu, die ihm über die optische Fasern des lokalen Operationsnetzwerkes zugeleiteten optischen Datensignale in die spezifischen Aktorsignale umzusetzen. Durch einen als universelle Schnittstelle ausgebildeten ersten Teilnehmer 10 des lokalen Operationsnetzwerkes ist es also besonders einfach möglich, bereits bekannte Sensor-/Aktormodule ohne eine spezielle Anpassung derselben an das lokale Operationsnetzwerk anzukoppeln.

Die weiteren Teilnehmer 20—60 sind als spezielle Schnittstellen ausgeführt, die für ein spezielles Einsatzgebiet optimal angepaßt sind. Der zweite Teilnehmer 20 ist als CAN-Schnittstelle ausgebildet und dient zur Integration eines externen CAN-Busses. Innerhalb diesen

externen CAN-Busses wirkt der zweite Teilnehmer 20 wie ein gleichberechtigter CAN-Teilnehmer und tritt innerhalb dieser durch das CAN-Bussystem gebildeten CAN-Insel die Empfangsstation, welche nach dem Eintreffen eines CAN-Bussignals ein Acknowledge-Feld in das CAN-Busprotokoll einträgt. Seitens des optischen Bussystems wirkt er als Sender, d. h. der zweite Teilnehmer 20 kann Signale, die er über das Bussystem erhält, an die Stationen seiner CAN-Insel weitergeben.

Der als CAN-Schnittstelle fungierende zweite Teilnehmer 20 ist dabei derart ausgebildet, daß er alle Signale, welche von der CAN-Insel oder dem optischen lokalen Operationsnetzwerk zur Verfügung gestellt werden, bearbeiten kann. Es ist also dem zweiten Teilnehmer 20 auf besonders einfache Art und Weise möglich, die bereits vorhandene Sensoren/Aktoren, die auf dem ISO-Standard CAN beruhen, in das beschriebene lokale Operationsnetzwerk einzubinden.

Der dritte Teilnehmer 30 ist als FIFO-Schnittstelle ausgebildet und dient als Datenerfassungseinheit, die extern zugeführte Informationen aufnehmen und zwischenspeichern sowie seriell über das optische Netzwerk weiterleiten kann.

Der vierte Teilnehmer 40 nimmt Audio-/Videosignale über einen in Fig. 1 nicht dargestellten Antenneneingang auf und setzt sie in optische Datensignale um, die im optischen lokalen Operationsnetzwerk ausbreitungsfähig sind. Außerdem dient er dazu, die von den Glasfasern des lokalen Operationsnetzwerks an den vierten Teilnehmer 40 geleiteten optischen Datensignale derart umzuwandeln, daß sie für die in Fig. 1 ebenfalls nicht gezeigten Audio/Video-Endgeräte, welche am vierten Teilnehmer 40 angeschlossen sind, verarbeitbar sind. Da beim beschriebenen lokalen Operationsnetzwerk vorgesehen ist, daß die von einem Teilnehmer in das Netzwerk eingespeisten optischen Datensignale zu allen anderen Teilnehmern geleitet werden, weist der vierte Teilnehmer 40 des weiteren Einrichtungen auf, die es ihm erlauben, die von anderen Teilnehmern gelieferten Datensignale, welche für den Audio/Video-Einsatz von Bedeutung sind, zu bearbeiten und zur Steuerung von Komfortfunktionen der Audio/Video-Endgeräte einzusetzen. Beispielfaßenderweise sei hier die geschwindigkeitsabhängige Regelung der Lautstärke eines Autoradios erwähnt, in die als Regelgröße für die Anhebung oder Absenkung des Lautstärkepegels die Fahrgeschwindigkeit des Automobils eingeht.

Der fünfte Teilnehmer 50 wirkt als Kommunikationsschnittstelle, welche mobile Funksignale (GSM, DCS 1800, DECT), die über einen in Fig. 1 nicht gezeigten Antenneneingang zum fünften Teilnehmer 50 gelangen, in das Signalformat des lokalen Operationsnetzwerks umsetzt bzw. die von diesem übertragenen optischen Datensignale in für die am fünften Teilnehmer 50 angeschlossenen Endgeräte signifikanten Signale zurückverwandelt.

Der sechste Teilnehmer 60 ist als Armaturen-Schnittstelle ausgestaltet. Er gestattet die Anbindung einer zentralen Anzeigeeinheit (nicht gezeigt) und stellt alle erforderlichen Sensorsignale, die auf dem Operationsnetzwerk verfügbar sind, zur Anzeige bereit.

Es ist aber auch möglich, eine Kopplung und/oder eine Kombination der Funktionen der oben beschriebenen Teilnehmer 10–60 in einer einzigen Funktionseinheit vorzusehen.

Die auf das jeweilige spezifische Anwendungsgebiet abgestellte Ausbildung der o. g. Teilnehmer erlaubt es vorteilhafterweise, die Teilnehmerstellen des lokalen

Operationsnetzwerkes besonders kostengünstig auszubilden, wodurch sich eine preisgünstige Realisierung desselben ergibt.

Die Ausbildung der Teilnehmer 10–60 des lokalen Operationsnetzwerks ist weiterhin davon abhängig, ob durch sie nur ein einziges Endgerät in das lokale Operationsnetzwerk eingebunden werden soll, oder ob über einen bestimmten Teilnehmer 10–60 eine Mehrzahl von Endgeräten an das lokale Operationsnetzwerk angekoppelt werden sollen. Im erstgenannten Fall ist es ausreichend, den Teilnehmer 10–60 derart auszubilden, daß er — wie beschrieben — die Umsetzung der endgerätespezifische Signale in das Datenformat des lokalen Operationsnetzwerkes bzw. umgekehrt gestattet.

Sollen jedoch mehrere Endgeräte angekoppelt werden, so ist es von Vorteil, den entsprechenden Teilnehmer 10–60 als Multiplexer/Demultiplexer auszubilden, welcher mittels eines bekannten Multiplexverfahrens die in das lokale Operationsnetzwerk einzuspeisenden Signale der angeschlossenen Endgeräte entsprechend aufbereitet bzw. die vom lokalen Operationsnetzwerk an den bestimmten Teilnehmer geleiteten optischen Datensignale in die endgerätespezifischen Signale demultiplext. Außerdem kann vorgesehen sein, daß der Teilnehmer 10–60 des lokalen Operationsnetzwerkes eine interne Kommunikation der an ihm angeschlossenen Endgeräte ermöglicht, so daß ein modularer Aufbau erreicht wird.

Die Grundzüge der Funktionsweise des Bussystems für das lokale Operationsnetzwerk werden ebenfalls anhand der Fig. 1 erläutert. Details der Funktionsweise werden daran anschließend anhand der folgenden Figuren erklärt:

Der wesentlichen Grundgedanke des Bussystems besteht nun darin, daß ein Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerks — hier annahmegemäß der erste Teilnehmer 10 — als Rahmentaktgenerator fungiert und eine Folge von Datenrahmen 3 fester Bit-Länge erzeugt, die diesen Rahmentakt festlegen. Diese Datenrahmen 3 werden über die Glasfaser 10a zum Eingang 1a des zentralen Sternkopplers 1 geleitet. Im zentralen Sternkoppler 1 werden dann die Nachrichten aller Teilnehmer 10–60 des lokalen Operationsnetzwerks im Datenrahmen 3 zusammengefaßt. Dies bedingt, daß die Daten jedes einzelnen Teilnehmers 10–60 genau rechtzeitig, d. h. zu dem Zeitpunkt im zentralen Sternkoppler eintreffen, zu dem sie in den Datenrahmen 3 eingefügt werden sollen. Um dies besonders einfach zu ermöglichen, wird als Zeitreferenz ein Referenzrahmentakt definiert. Als dieser Rahmenreferenztakt wird das Zeitraster gewählt, welches durch das Eintreffen der vom ersten Teilnehmer 10 erzeugten Datenrahmen im zentralen Sternkoppler 1 festgelegt wird. Alle übrigen Teilnehmer 20–60 richten ihre Signalverarbeitung auf den Referenzrahmentakt derart aus, daß unter Berücksichtigung der Signallaufzeiten vom entsprechenden Teilnehmer 20–60 zum zentralen Sternkoppler 1 das rechtzeitige Eintreffen ihrer Nachricht (s. o.) garantiert ist. Im einzelnen geschieht dies wie folgt:

Der als Rahmentaktgenerator fungierende erste Teilnehmer 10 erzeugt einen Datenrahmen 3 definierter Bit-Länge, der durch Rahmenkennungen SOF und EOF (siehe Fig. 3) gekennzeichnet und begrenzt ist. Der zum Zeitpunkt T0–v10 erzeugte Datenrahmen 3 trifft dann zum Zeitpunkt T0 im zentralen Sternkoppler 1 ein. Hierbei bezeichnet die Variable v10 die Signallaufzeit zwischen dem ersten Teilnehmer 10 einerseits und dem zentralen Sternkoppler 1 andererseits. Gleichzeitig fügt der erste Teilnehmer 10 seine auf das lokale Operations-

netzwerk zu übertragende Nachricht D in den Datenrahmen 3 ein, wobei angenommen wird, daß dem ersten Teilnehmer 10 ein viertes Segment 3d des in sechs Segmenten 3a—3f unterteilten Datenrahmens 3 zugeordnet ist. Die Unterteilung des Datenrahmens 3 in sechs Segmente 3a—3f ist nicht notwendigerweise von physikalischer Natur. Diese Art der Unterteilung wurde nur der einfacheren und prägnanteren Beschreibung halber gewählt, um so einfacher die relative Position der in den Datenrahmen 3 einzufügenden Nachricht D kennzeichnen zu können. Der Umstand, daß vom ersten Teilnehmer 10 in der Senderichtung erster Teilnehmer 10 — zentraler Sternkoppler 1 eine explizite Rahmenstruktur übertragen wird, ist in Fig. 1 dadurch gekennzeichnet, daß der vom ersten Teilnehmer 10 zum zentralen Sternkoppler 1 übertragene Datenrahmen 3 durchgehend gezeichnet ist.

Die den Beginn eines Datenrahmens 3 kennzeichnende Rahmenkennung SOF erreicht den zentralen Sternkoppler 1 nach einer Signallaufzeit von  $v_{10}$ . Dieser Zeitpunkt  $T_0$  — das Eintreffen der Rahmenkennung SOF des vom ersten Teilnehmer 10 erzeugten Datenrahmens 3 — wird nun als Referenzzeitpunkt für die gesamte Signalverarbeitung im lokalen Operationsnetzwerk definiert. Entsprechendes gilt für die den Datenrahmen 3 nachfolgenden Datenrahmen, so daß der vom ersten Teilnehmer 10 erzeugte, durch die Folge von Datenrahmen 3 festgelegte Rahmentakt einen Referenzrahmentakt des Bussystems des lokalen Operationsnetzwerks definiert.

Um nun zu gewährleisten, daß die von den weiteren Teilnehmern 20—60 des lokalen Operationsnetzwerks gesendeten Nachrichten unter Berücksichtigung der Signallaufzeiten vom entsprechenden Teilnehmer zum zentralen Sternkoppler 1 in diesem zum entsprechenden Zeitpunkt eintreffen, muß ein die sendeseitige Signalverarbeitung der einzelnen Teilnehmer 20—60 steuernder Rahmensendetak auf den Referenzrahmentakt abgestimmt werden.

Bei der weiteren Beschreibung dieser Synchronisation wird der einfacheren Erläuterung halber angenommen, daß dem zweiten Teilnehmer 20 ein fünftes Segment 3e des Datenrahmens 3, dem dritten Teilnehmer 30 ein sechstes Segment 3f, dem vierten Teilnehmer 40 ein erstes Segment 3a, dem fünften Teilnehmer 50 ein zweites Segment 3b und dem sechsten Teilnehmer 60 ein drittes Segment 3c des Datenrahmens 3 zugeordnet ist.

Um zu gewährleisten, daß die vom zweiten Teilnehmer 20 zu übertragenden Nachricht E zu dem Zeitpunkt, zu dem sie im zentralen Sternkoppler 1 in das fünfte Segment 3e des vom ersten Teilnehmer 10 generierten Datenrahmens 3 eingefügt werden soll, zu diesem gelangen, muß der zweite Teilnehmer seine in das lokale Operationsnetzwerk einzuspeisende Dateninformation zum Zeitpunkt  $T_0 - v_{20} + e$  absenden, wobei  $v_{20}$  die Signallaufzeit zwischen dem zweiten Teilnehmer 20 und dem zentralen Sternkoppler 1 und  $e$  die relative Position des fünften Segments 3e im Datenrahmen bezeichnet.

In entsprechender Art und Weise muß der dritte Teilnehmer 30 seine Nachricht F zu einem Zeitpunkt  $T_0 - v_{30} + f$  absetzen, wenn er gewährleisten will, daß diese in den ihm zugeordneten fünften Segment 3f des Datenrahmens 3 aufgenommen wird. Hierbei bezeichnet die Variable  $v_{30}$  die Signallaufzeit zwischen dem dritten Teilnehmer 30 einerseits und dem zentralen Sternkoppler 1 andererseits. Mit  $f$  ist wiederum die rela-

tive Position des fünften Segments 3f im Datenrahmen 3 bezeichnet.

Für den Fachmann ist nun aufgrund obiger Ausführungen klar ersichtlich, daß der vierte, fünfte und sechste Teilnehmer 40, 50 und 60 die Datenübertragung zu den Zeitpunkten  $T_0 - v_0 - v_{40}$ ,  $T_0 - v_0 - v_{50} + b$  und  $T_0 - v_0 - v_{60} + c$  initiieren muß, wenn gewährleistet sein soll, daß die entsprechenden Nachrichten A, B und C in das erste, zweite und dritte Segment 3a, 3b und 3c des Datenrahmens 3 geschrieben werden. Hierbei bezeichnen die Variablen  $v_{40}$ ,  $v_{50}$  und  $v_{60}$  die Signallaufzeiten zwischen dem vierten, fünften und sechsten Teilnehmer 40, 50 und 60 einerseits und dem sekundären Sternkoppler 2 andererseits. Die Variable  $v_0$  bezeichnet dann die Laufzeit der Signale zwischen dem sekundären Sternkoppler 2 und dem primären Sternkoppler 1. Mit  $b$  und  $c$  ist wiederum die relative Position der Segmente 3b und 3c im Datenrahmen 3 gewährleistet.

Hierbei ist noch anzuführen, daß von den Teilnehmern 20—60 des lokalen Operationsnetzwerks in der Senderichtung Teilnehmer — zentraler Sternkoppler 1 die Daten ohne explizite Rahmenstruktur übertragen werden. Dies ist in Fig. 1 durch die strichliert gezeichneten Datenrahmen 3 dargestellt, welche lediglich der Übersichtlichkeit halber und zur Darstellung der Relativposition der Nachrichten A, B, C, E und F eingezeichnet wurden.

Durch die o. g. Maßnahme ist nun gewährleistet, daß die einzelnen Teilnehmer 10—60 des lokalen Operationsnetzwerks ihre Daten genau zu dem Zeitpunkt absenden, zu dem unter Berücksichtigung der Signallaufzeiten zwischen dem jeweils sendenden Teilnehmer 10—60 und dem zentralen Sternkoppler 1 diese genau zum entsprechenden Einfüge-Zeitpunkt im zentralen Sternkoppler 1 vorliegen. Somit wird in besonders einfacher Art und Weise erreicht, daß der Datenrahmen 3 mit den Nachrichten A—F der einzelnen Teilnehmer 10—60 gefüllt werden kann, ohne daß Kollisionen auftreten.

Ein mit den Nachrichten A—F der einzelnen Teilnehmer 10—60 gefüllter Datenrahmen 3' wird nun vom zentralen Sternkoppler 1 zu allen Teilnehmern 10—60 des lokalen Operationsnetzwerks gesendet. Die vom ersten Teilnehmer 10 vorgegebene Rahmenstruktur wird von diesen über die Rahmenkennungen SOF und EOF erkannt. Das durch die zeitliche Abfolge der empfangenen Datenrahmen 3' vorgegebene Zeitraster wird als Rahmenempfangstakt der empfangenden Teilnehmer 10—60 definiert.

Der Datenrahmen 3' trifft nun — wie es aus Fig. 1 ersichtlich ist — zu den Zeitpunkten  $T_0 + v_0 + v_{40}$  bzw.  $T_0 + v_0 + v_{50}$  bzw.  $T_0 + v_0 + v_{60}$  beim vierten bzw. fünften bzw. sechsten Teilnehmer 40—60 und zu den Zeitpunkten  $T_0 + v_{10}$  bzw.  $T_0 + v_{20}$  bzw.  $T_0 + v_{30}$  beim ersten bzw. zweiten bzw. dritten Teilnehmer 10—30 des lokalen Operationsnetzwerks ein. Da hierbei ein Datenrahmen 3' mit expliziter Rahmenstruktur übermittelt wird, ist dieser in Fig. 1 durchgezogen dargestellt.

Die Einzelheiten des oben grundsätzlich beschriebenen Bussystems wird im folgenden anhand der Fig. 2 bis 4 detaillierter erläutert: In Fig. 2 ist schematisch die Synchronisationsprozedur zweier Teilnehmer 10 und 20 des lokalen Operationsnetzwerks dargestellt:

Bevor die eigentliche Synchronisationsprozedur der einzelnen Teilnehmer 10—60 des lokalen Operationsnetzwerks durchgeführt wird, ist vorgesehen, daß jeder Teilnehmer 10—60 einen Selbsttest durchführt. Dieser muß gewährleisten, daß alle seine elektrischen und opti-

schen Komponenten einwandfrei funktionieren. Die Durchführung eines derartigen Selbsttestes sowie seine hardwaremäßige Implementation ist dem Fachmann bekannt, so daß sich weitere Ausführungen an dieser Stelle erübrigen. Durch diesen Selbsttest wird in vorteilhafter Art und Weise gesichert, daß nur voll funktionsfähige Teilnehmer an der Systemkommunikation innerhalb des Bussystems des lokalen Operationsnetzwerkes teilhaben. Das Bussystem des lokalen Operationsnetzwerkes konfiguriert sich also in vorteilhafter Art und Weise bei jedem Neustart selbst.

Dieser Selbsttest der einzelnen Teilnehmer ist in Fig. 2 durch die Zeitspanne ST auf den vertikal verlaufenden Zeitachsen t10 und t20, welche die zeitliche Abfolge der einzelnen Synchronisationsschritte der Teilnehmer 10 und 20 zeigen, dargestellt.

Außerdem ist vorgesehen, daß der Selbsttest eines jeden Teilnehmers 10—60 noch zeitüberwacht wird, d. h. daß jeder Teilnehmer 10—60, der nicht innerhalb der gewissen vorgegebenen Zeitspanne ST einen positiven Abschluß des Selbsttestes feststellt, vom darauffolgenden Aufbau des Bussystems ausgeschlossen wird.

Im ersten Schritt der eigentlichen Synchronisationsprozedur wird der Teilnehmer festgelegt, der als Rahmentaktgenerator fungiert, den Rahmentakt sendet und damit implizit den Referenzrahmentakt erzeugt. Hierzu kann vorgesehen sein, daß diese Aufgabe hardwaremäßig einem einzigen Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes zugeordnet ist. Diese Möglichkeit zeichnet sich durch ihre besonders preisgünstige hardwaremäßige Implementation aus.

Von besonderem Vorteil ist es jedoch, das Bussystem des lokalen Operationsnetzwerkes selbstorganisierend auszustatten, d. h. daß mehrere oder vorzugsweise alle Teilnehmer 10—60 derart ausgeführt sind, daß sie die Funktion des Rahmentaktgenerators übernehmen können. Diese Mehrfachauslegung erhöht die Systemsicherheit beträchtlich, da beim Ausfall eines oder mehrerer Teilnehmer die verbleibenden Teilnehmer des lokalen Operationsnetzwerkes in der Lage sind, die Selbstkonfiguration und Selbstorganisation für den noch funktionsfähigen Anteil des lokalen Operationsnetzwerkes durchzuführen.

Hierzu ist vorgesehen, daß netzwerksintern eine hierarchische Abfolge der einzelnen Teilnehmer 10—60 festgelegt ist, derart, daß ein rangniedrigerer Teilnehmer die Funktion des Rahmentaktgenerators übernimmt, wenn er innerhalb eines definierten Zeitintervalls keine Rahmentaktkennung eines hierarchisch übergeordneten Teilnehmers empfängt.

Bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß primär der erste Teilnehmer 10 als Rahmentaktgenerator fungiert. Subsidiär soll bei einem Ausfall des ersten Teilnehmers 10 der zweite Teilnehmer 20 diese Funktion übernehmen, etc.

In diesem ersten Schritt des eigentlichen Synchronisationsprozesses des Bussystems sendet — wie aus Fig. 2 ersichtlich ist — der erste Teilnehmer 10 die Datenrahmen 3 und somit den Rahmentakt festlegenden Rahmenkennungen SOF und EOF über den zentralen Sternkoppler 1 zu den anderen Teilnehmern 20—60 des lokalen Operationsnetzwerkes. Dieser Vorgang ist in Fig. 2 durch einen strichliert dargestellten Pfeil RTS repräsentiert, welcher von der Zeitachse t10 des ersten Teilnehmers 10 zu der in Fig. 2 am rechten Rand verlaufenden Linie BUS verläuft, welche symbolisch den Bus des lokalen Operationsnetzwerkes repräsentiert. Der Empfang der Rahmenkennung durch den zweiten Teil-

nehmer 20 ist in Fig. 2 durch den von der Linie BUS zur Zeitachse t20 des zweiten Teilnehmers 20 verlaufenden Pfeil RTE dargestellt. Der Empfang der Rahmenkennungen SOF und EOF durch den zweiten Teilnehmer 20 sowie durch die weiteren Teilnehmer 30—60 bewirkt, daß diese nun nicht mehr die Funktion des Rahmentaktgenerators übernehmen.

Der erste Teilnehmer 10 sendet ein Signal "hallo", welches in Fig. 2 durch den durchgehend gezeichneten Pfeil "H" dargestellt ist. Der zweite Teilnehmer 20 empfängt das Signal "hallo". Dies ist in Fig. 2 durch den von der Linie BUS zur Zeitachse t20 des zweiten Teilnehmers 20 verlaufenden, durchgezogen gezeichneten Pfeil "HE" dargestellt. Dies bewirkt, daß nun der zweite Teilnehmer 20 beginnt, sich zu synchronisieren, d. h. der zweite Teilnehmer 20 bestimmt seine Signallaufzeit v20 zum zentralen Sternkoppler 1. Diese Bestimmung der Signallaufzeit wird nun anhand der Fig. 2 und insbesondere der Fig. 3 erläutert.

Der zweite Teilnehmer 20 bestimmt aus den die Datenrahmen 3' begrenzenden Rahmenkennungen SOF und EOF seinen Rahmenempfangstakt RET (Fig. 3) und sendet relativ zu diesem Rahmenempfangstakt RET eine Testsequenz TS zum zentralen Sternkoppler 1. Diese Testsequenz TS wird in dem zu diesem Zeitpunkt dort vorliegenden Datenrahmen 3 eingefügt und im Datenrahmen 3' wieder zurück zum zweiten Teilnehmer 20 geleitet. Dieser Vorgang ist in Fig. 2 durch den strichlierten Pfeil TSE dargestellt. Der zweite Teilnehmer 20 bestimmt nun aus der Zeitdifferenz zwischen Absenden und Empfangen der Testsequenz TS die Signallaufzeit v20 und verschiebt daraufhin seinen Rahmensendetakt RST (Fig. 3) entsprechend, so daß ein zum Referenzrahmentakt synchronisierter Rahmensendetakt RST20 (Fig. 3) festgelegt ist.

Nach der Durchführung dieser Schritte, also nach Beendigung seiner Synchronisationsprozedur, sendet der zweite Teilnehmer 20 ein Signal "hallo 2" zum Bus, welches in Fig. 2 durch den durchgezogenen Pfeil H2 dargestellt ist. Dieses Signal H2 wird über den zentralen Sternkoppler 1 zum ersten Teilnehmer 10 geleitet. Dieser Vorgang ist in Fig. 2 durch den Pfeil HE2 dargestellt. Mit dem Empfang des Signals "hallo 2" durch den ersten Teilnehmer 10 ist der zweite Teilnehmer 20 im Bussystem "angemeldet" und somit konfiguriert.

Zusätzlich kann noch vorgesehen sein, daß der zweite Teilnehmer 20 eine zweite Testsequenz TS1 (Fig. 2) aus sendet und wieder empfängt, um damit die erste Bestimmung der Signallaufzeit v20 verifizieren oder eine fehlerhafte oder fehlgeschlagene erste Bestimmung wiederholen zu können. Die erste Bestimmung der Signallaufzeit v20 kann insbesondere dann fehlschlagen, wenn das Testsignal TS von Rahmenkennungen SOF oder EOF überlagert wird. In diesem Fall ist für den zweiten Teilnehmer 20 eine eindeutige Bestimmung nicht möglich. Er sendet — wie angeführt — eine zweite Testsequenz zeitlich so verschoben, daß diese bei ihrer Ankunft garantiert zwischen den Rahmenkennungen SOF und EOF liegt. Eine derartige Vorgehensweise ist besonders in Hochgeschwindigkeitsdatennetzen von Vorteil, da bei diesen die exakte Bestimmung der Signallaufzeiten und die darauf basierende Signallaufzeitenkompensation erhebliche Bedeutung für die einwandfreie Funktion des lokalen Operationsnetzwerkes zukommt.

Die weiteren Schritte zur Synchronisation des gesamten Bussystems des lokalen Operationsnetzwerkes werden anhand der Fig. 4 erläutert. Die hierbei in jedem Teilnehmer ablaufenden, lediglich diesen Teilnehmer



und den zentralen Sternkoppler 1 betreffenden Schritte entsprechen denen bei der Synchronisation des zweiten Teilnehmers 20 beschrieben, so daß es hier möglich ist, sich auf die Darstellung der lediglich das Gesamtsystem betreffenden Synchronisationsschritte zu beschränken. In Fig. 4 repräsentieren die vertikal verlaufenden Linien t10, t20, t30 und t60 den zeitlichen Ablauf der Systemsynchronisation im ersten, zweiten, dritten und sechsten Teilnehmer 10, 20, 30 und 60. Die horizontalen Pfeile kennzeichnen die hierzu zwischen den einzelnen Teilnehmern 10—60 ausgetauschten Signale.

Die den Teilnehmern 10—60 zugeordneten Zeitachsen t10—t60 der Fig. 4 ist — wie bereits beschrieben — dargestellt, daß während des ersten Zeitabschnittes ST der Synchronisationsprozedur die Teilnehmer 10—60 ihren Selbsttest durchführen, so daß bei der Beschreibung der Fig. 4 im weiteren davon ausgegangen wird, daß alle dargestellten Teilnehmer 10—60 voll funktionsfähig sind und daher an der Konfiguration des lokalen Operationsnetzwerkes teilnehmen. In diesem Zeitabschnitt ST wird außerdem — wie oben ausgeführt — der erste Teilnehmer 10 zu dem als Rahmentaktgenerator fungierenden "Master-Teilnehmer" definiert, der die Rahmenkennungen zu den weiteren Teilnehmern 20—60 sendet. In Fig. 4 ist ebenfalls die bereits beschriebene Aussendung des Signals "hallo" durch die mit H bezeichneten Pfeile dargestellt ist.

Das Eintreffen eines "hallo"-Signals H bei einem Teilnehmer 30—60 bewirkt, daß ein Timer gestartet wird. Nach Ablauf des durch den Timer festgelegten Zeitintervalls T beginnt der entsprechende Teilnehmer mit seiner Synchronisationsprozedur. Hierbei ist vorgesehen, daß die Anzahl der Timerstarts, die zwischen dem vom Teilnehmer 10 ausgesandten "hallo"-Signals H und dem Beginn der Synchronisationsprozedur eines bestimmten Teilnehmers vergehen, von Teilnehmer zu Teilnehmer variiert. Durch diese zeitliche Abstaffelung der einzelnen Synchronisationsprozeduren wird erreicht, daß sich die den erfolgreichen Abschluß der Synchronisationsprozedur kennzeichnenden Teilnehmer-Meldungen nicht überlappen. So ist — wie aus Fig. 4 ersichtlich ist — vorgesehen, daß der zweite Teilnehmer unmittelbar nach dem Empfang des "hallo"-Signals H des ersten Teilnehmers seine Synchronisationsprozedur im Zeitintervall T durchführt und nach dessen Ablauf seine Teilnehmer-Kennung H2 zum ersten Teilnehmer sendet. Der dritte Teilnehmer 30 beginnt mit seiner Synchronisationsprozedur — welche in Fig. 4 durch einen strichlierten kreisförmigen Pfeil symbolisch dargestellt ist — erst nach Ablauf des ersten Zeitintervalls T und führt demgemäß diese Synchronisationsprozedur während eines darauffolgenden zweiten Zeitintervalls T durch. Dementsprechend wartet der sechste und damit letzte Teilnehmer 60 des lokalen Operationsnetzwerkes erst fünf Timerstarts, die jeweils die Zeitdauer T betragen, ab und beginnt erst in einem sechsten Zeitintervall T mit seiner Synchronisationsprozedur. Nach deren Beendigung sendet er ein Signal "hallo 6" (in Fig. 4 durch den Pfeil H6 dargestellt) zum ersten Teilnehmer 10.

Die obige Beschreibung des Bussystems des lokalen Operationsnetzwerkes und dessen Synchronisation sind von der speziellen internen Struktur des verwendeten Datenrahmens 3 unabhängig. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, einen Datenrahmen 3 zu verwenden, der ein synchrone Dienste vermittelndes synchrones Rahmenmodul und ein asynchrone Dienste vermittelndes asynchrones Rahmenmodul aufweist, wobei die durch ein

vom ersten Teilnehmer 10 erzeugtes Teilungsmodul bewirkte Aufteilung des Datenrahmens 3 dynamisch variabel ist. Durch diese Datenrahmen-Struktur ist es dann in besonders vorteilhafter Art und Weise möglich sowohl synchrone als auch asynchrone Dienste in einem einzigen Datenrahmen zu übertragen, wodurch sich eine besonders universelle Einsatzweise des Bussystems ergibt. Ein derartiger modularer Aufbau eines Datenrahmens ist in der Parallelanmeldung "Rahmenstrukturiertes Bussystem" derselben Anmelderin beschrieben, auf die hiermit explizit Bezug genommen wird.

In Fig. 5 ist nun ein Sende-/Empfangsteil 100 eines Teilnehmers dargestellt, welcher zur Verwendung mit dem beschriebenen Bussystem für ein lokales Operationsnetzwerk besonders geeignet ist. Der Sende-/Empfangsteil weist einen O/E-Wandler 101 auf, welcher zur Umwandlung der über die Glasfaser 102 herangeführten optischen Datensignale in elektrische Signale dient. Dem O/E-Wandler 101 ist eine von einem Oszillator 109 getaktete Synchronisationsschaltung 110 nachgeschaltet, welche den Rahmenempfangstakt ermittelt bzw. ihn im laufenden Betrieb kontrolliert.

Die Synchronisationsschaltung 110 ist mit einem Funktionsblock 120 verbunden, welcher zur Bestimmung der Signallaufzeit und damit der erforderlichen Verzögerungszeit des Rahmensendetakts zum Referenzrahmentakt dient. In der weiter oben bereits eingehend beschriebenen Art und Weise ermittelt der Funktionsblock 120 durch die Bestimmung der Zeitdifferenz zwischen dem Aussenden und dem Eintreffen des Testsignals TS (Fig. 2 und Fig. 3) die Signallaufzeit zum zentralen Sternkoppler 1 und steuert dementsprechend ein Oszillator 109 getaktetes Verzögerungsglied 121 an. Das Verzögerungsglied 121 wirkt mit einem vom Oszillator 109 getakteten Rahmenstrukturgenerator/-überwacher 130 zusammen, welcher die Rahmenkennungen SOF und EOF generiert.

Mit der Synchronisationsschaltung 110 ist außerdem ein Modulselektor 140 verbunden. Der Modulselektor 140 führt die entsprechende Aufteilung des empfangenen Datenrahmens 3' in das synchrone und das asynchrone Rahmenmodul durch. Mit dem Modulselektor 140 ist ein Demultiplexer 151 verbunden, der als Interface zu den an den Teilnehmer angeschlossenen Informationsquellen oder -senken wirkt.

Der Modulselektor 140 ist außerdem mit einer von einem Mikroprozessor angesteuerten Zugriffssteuerung 150 verbunden, welche in Verbindung mit dem Modulselektor 140 den Empfang und in Verbindung mit einem weiteren Modulselektor 140a das Aussenden des asynchronen Rahmenmoduls steuert. Der Mikroprozessor 160 steuert außerdem den Rahmenstrukturgenerator/-überwacher 130 zur Erzeugung der Rahmenstruktur an.

Ein Multiplexer 170 dient als weiteres Interface zu den Informationsquellen/-senken des Teilnehmers. Ein E/O-Wandler 171 wandelt die elektrischen Signale des Sende/Empfangsteils in optische Signale um, welche im lokalen Operationsnetzwerk ausbreitungsfähig sind.

#### Patentansprüche

1. Bussystem für ein lokales Operationsnetzwerk, welches eine Anzahl von Teilnehmern (10—60) aufweist, die jeweils über eine Busleitung (10a, 10b; 20a, 20b; 30a, 30b; 40a, 2a, 40b, 2b; 50a, 2a, 50b, 2b; 60a, 2a, 60b, 2b) mit einem zentralen Sternkoppler (1) verbunden sind, wobei die von einem Teilneh-



mer ausgesendete Nachricht über den zentralen Sternkoppler (1) zu allen Teilnehmern (10–60) des lokalen Operationsnetzwerkes geleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rahmentaktgenerator einen durch eine Folge von Datenrahmen (3) definierter Bit-Länge festgelegten Rahmentakt (RT) sendet, daß dieser Rahmentakt (RT) zum zentralen Sternkoppler (1) geleitet wird, daß die zeitliche Abfolge der Datenrahmen (3) des Rahmentaktes (RT) im zentralen Sternkoppler (1) einen die Signalverarbeitung der Teilnehmer (20–60) des lokalen Operationsnetzwerkes festlegenden Referenzrahmentakt definiert, daß die Teilnehmer (20–60) des lokalen Operationsnetzwerks jeweils einen individuellen Rahmensendetak (RST) bestimmen, derart, daß die jeweils von einem bestimmten Teilnehmer (20–60) gesendete Nachricht (B–F) unter Berücksichtigung der Signallaufzeit vom sendenden Teilnehmer (20–60) zum zentralen Sternkoppler (1) in letztgenanntem zu dem definierten Zeitpunkt relativ zum Referenzrahmentakt eintrifft, zu dem diese Nachricht (B–F) in den im zentralen Sternkoppler (1) vorliegenden Datenrahmen (3) aufzunehmen ist, und daß der die Nachrichten (A–F) der Teilnehmer (10–60) enthaltende Datenrahmen (3') zu allen Teilnehmern (10–60) geleitet werden.

2. Bussystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung der Signallaufzeit ( $v_{20} - v_{60}$ ) zwischen jedem einzelnen Teilnehmer (20–60) und dem zentralen Sternkoppler (1) bei jedem Start des Bussystems dynamisch erfolgt, und daß der Rahmensendetak des Teilnehmers (20–60) um die ermittelte Signallaufzeit zeitlich zu ihrem Rahmenempfangstakt (RET) verschoben wird.

3. Bussystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der Signallaufzeit ( $v_{20} - v_{60}$ ) jeder Teilnehmer (20–60) ein Testsignal (TS) zum zentralen Sternkoppler (1) sendet, daß dieses Testsignal (TS) im gesendeten Datenrahmen (3') zum sendenden Teilnehmer (20–60) zurückgeleitet wird, daß der sendende Teilnehmer aus der Zeitdifferenz zwischen dem Absenden und dem Eintreffen des Testsignals (TS, TSE) die Signallaufzeit ( $v_{20} - v_{60}$ ) bestimmt.

4. Bussystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachrichten (A–F) der einzelnen Teilnehmer (10–60) sequentiell in den Datenrahmen (3) eingefügt werden.

5. Bussystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Start des Bussystems jeder Teilnehmer (10–60) zur Kontrolle seiner einzelnen Komponenten einen Selbsttest durchführt.

6. Bussystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Selbsttest zeitüberwacht ist.

7. Bussystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der als Rahmentaktgenerator fungierende Teilnehmer (10) Rahmenkennungen (SOF, EOF) erzeugt, die den Beginn und das Ende eines Datenrahmens (3) kennzeichnen.

8. Bussystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß durch das Eintreffen der den Beginn eines Datenrahmens (3) kennzeichnenden Rahmenkennung (SOF) im zentralen Sternkoppler (1) ein Referenzzeitpunkt (T0) festgelegt wird.

9. Bussystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Datenrahmen (3)

ein synchrone Dienste vermittelndes synchrones Rahmenmodul und ein asynchrone vermittelndes asynchrones Rahmenmodul enthält, und daß die Aufteilung des Datenrahmens (3) in diese beiden Rahmenmodule dynamisch variierbar ist.

10. Bussystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufteilung des Datenrahmens (3) durch ein dynamisch verschiebbares Teilungsmodul erfolgt, welches im Rahmentaktgenerator erzeugt wird, oder daß die Aufteilung des Datenrahmens (3) durch einen an dessen Beginn auftretenden Zeiger angezeigt wird.

11. Bussystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion des Rahmentaktgenerators einem bestimmten Teilnehmer (10) des Bussystems des lokalen Operationsnetzwerkes zugeordnet ist.

12. Bussystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion des Rahmentaktgenerators bei Inbetriebnahme oder bei einer Rekonfiguration nach einem Ausfall von mindestens einem weiteren Teilnehmer (20–60) übernommen werden kann, wobei netzwerksintern eine hierarchische Abfolge der einzelnen Teilnehmer festgelegt ist, derart, daß ein rangniedriger Teilnehmer (20–60) die Funktion des Rahmentaktgenerators übernimmt, wenn er innerhalb eines definierten Zeitintervalls keine Rahmentaktkennung eines hierarchisch übergeordneten Teilnehmers (10) empfängt.

13. Bussystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß alle Teilnehmer (10–60) des Bussystems des lokalen Operationsnetzwerks die Funktion des Rahmentaktgenerators übernehmen können.

14. Bussystem nach Anspruch 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der die Funktion des Rahmentaktgenerators übernehmende Teilnehmer (10) ein Signal (H) zu den übrigen Teilnehmern (20–60) des lokalen Operationsnetzwerkes sendet, welches deren Rahmentaktgenerator-Funktionsübernahme inhibiert.

15. Bussystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der als Rahmentaktgenerator fungierende Teilnehmer (10) ein Signal (H) an die weiteren Teilnehmer (20–60) sendet, welches bei diesen den Start eines Timers bewirkt, und daß die weiteren Teilnehmer nach Ablauf eines durch den Timer festgelegten teilnehmerspezifischen Zeitintervalls (T) die Bestimmung ihres Rahmensendetakts (RST) durchführen.

16. Bussystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die weiteren Teilnehmer (20–60) nach dem Abschluß ihrer Synchronisationsprozedur eine Teilnehmer-Kennung (H2, H6) zu dem als Rahmentaktgenerator fungierenden Teilnehmer (10) senden.

17. Lokales Operationsnetzwerk, insbesondere für ein Bussystem nach den Ansprüchen 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teilnehmer (10–60) des lokalen Operationsnetzwerkes über mindestens einen sekundären Sternkoppler (2) an den zentralen Sternkoppler (1) angeschlossen ist.

18. Lokales Operationsnetzwerk nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teilnehmer (10–60) des lokalen Operationsnetzwerkes als Multiplexer/Demultiplexer ausgeführt ist.

19. Lokales Operationsnetzwerk nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Teilnehmer (10—60) einen Sende-/Empfangsteil (100) enthält, der einen Funktionsblock (120) zur Bestimmung der Signallaufzeit enthält. 5
20. Lokales Operationsnetzwerk nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblock (120) eine mit einem Rahmenstrukturgenerator/-überwacher (130) zusammenwirkendes Verzögerungsglied (121) aufweist. 10
21. Lokales Operationsnetzwerk nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Sende-/Empfangsteil (100) einen O/E-Wandler (101) und einen E/O-Wandler (171) enthält. 15
22. Lokales Operationsnetzwerk nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Sende-/Empfangsteil (100) einen Modulselektor (140, 140a) enthält, der die Aufteilung des Datenrahmens (3) in das synchrone und das asynchrone Rahmenmodul durchführt. 20
23. Lokales Operationsnetzwerk nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Sende-/Empfangsteil (100) einen Multiplexer (170) und einen Demultiplexer (151) enthält. 25

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

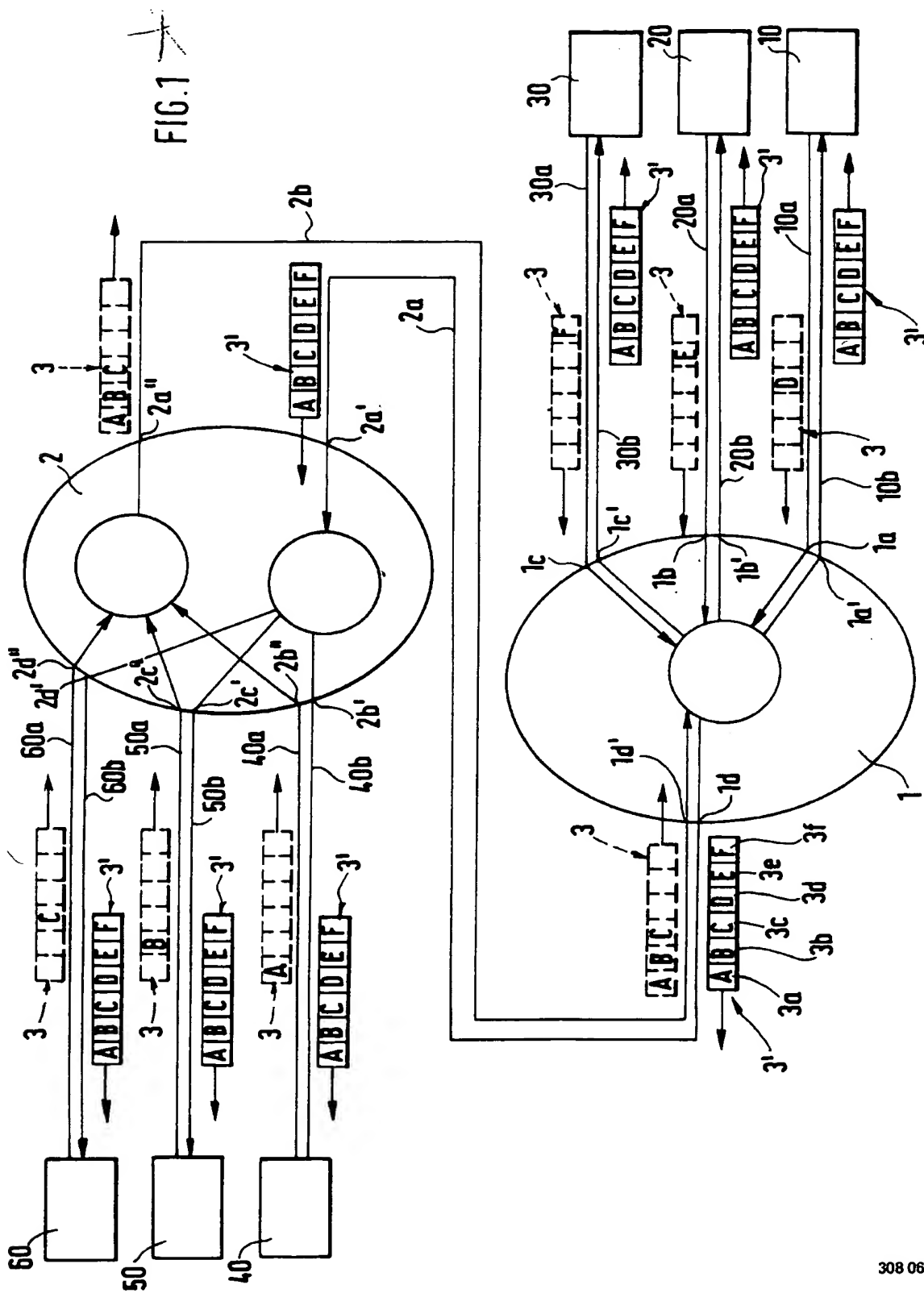
45

50

55

60

65



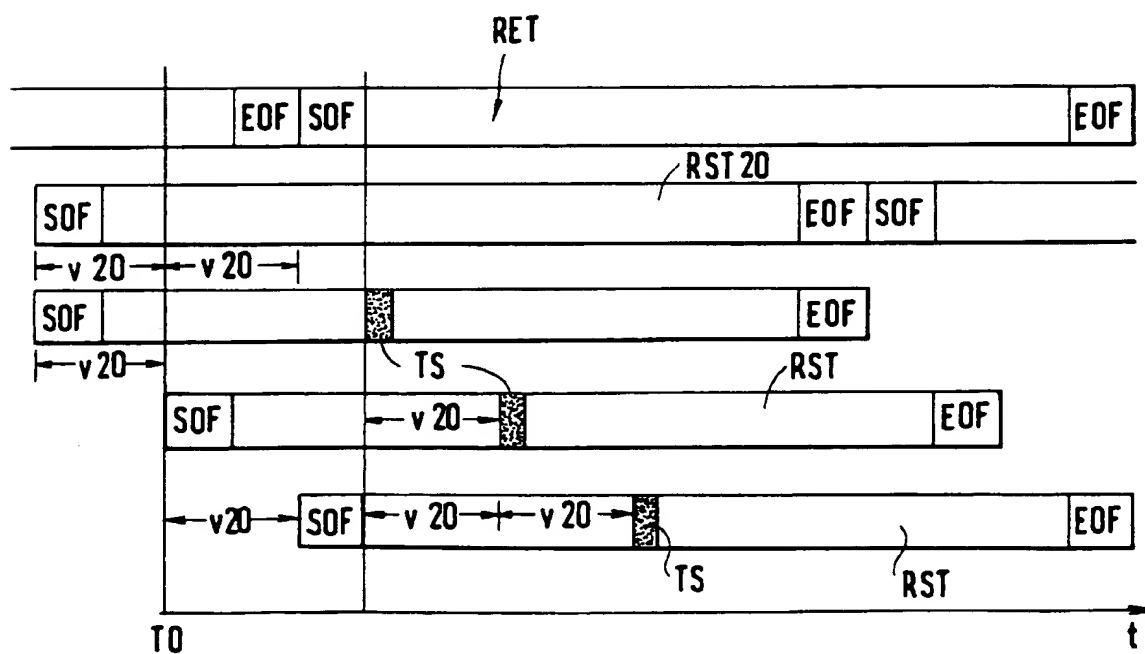
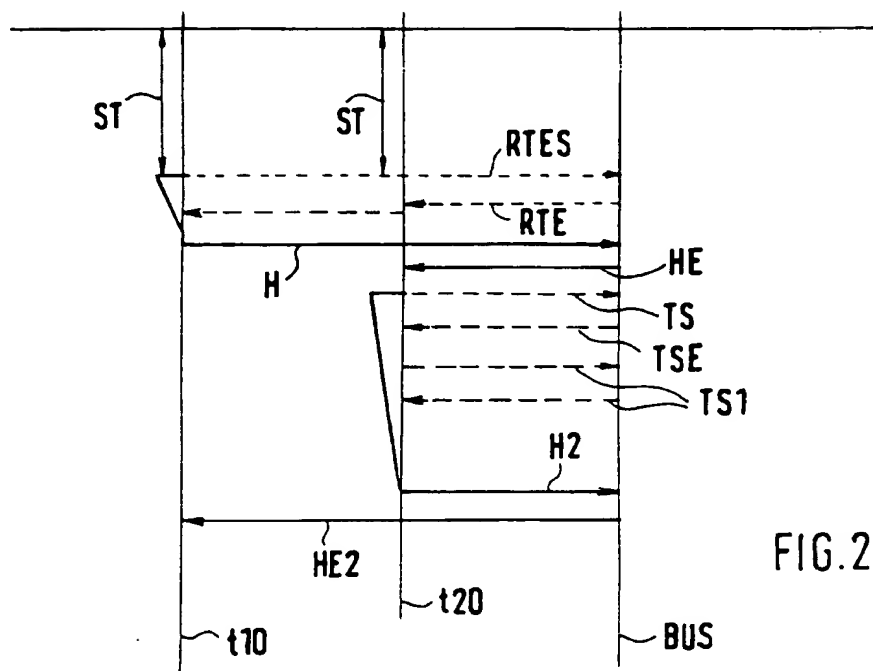


FIG. 3

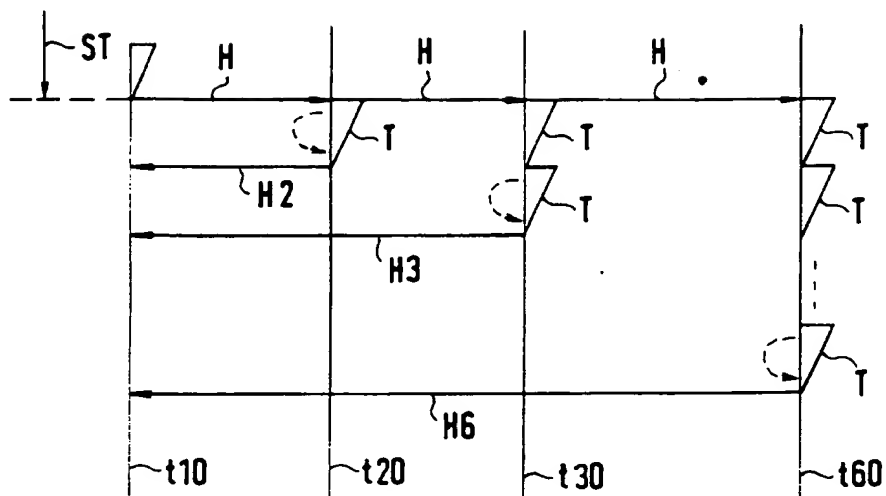


FIG. 4

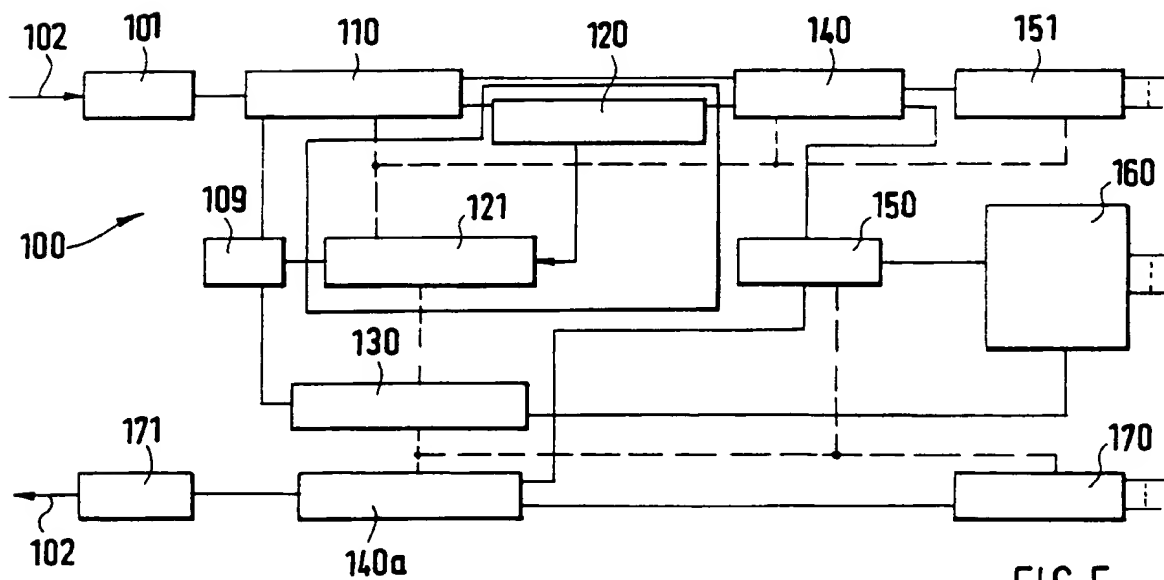


FIG. 5